

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ
до практичних занять з курсу

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА **ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ**

*(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом
6.050701 – Електротехніка та електротехнології
та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю
7.05070103 – Електротехнічні системи електроживлення)*

Харків
ХНУМГ
2015

Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Електропостачання та електрозбереження» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом 6.050701 – Електротехніка та електротехнології та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання). / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : Д. М. Калюжний, А. О. Карюк, В. В. Сидоров. – Харків : ХНУМГ, 2015. – 36 с.

Укладачі: к.т.н. Д. М. Калюжний,
к.т.н. В. В. Сидоров,
А. О. Карюк.

Рецензенти: В. Ф. Харченко, д.т.н., професор Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

П. П. Рожков, к.т.н., доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

*Рекомендовано кафедрою «Електропостачання міст»,
протокол № 4 від 16.01.2014 р.*

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ.....	4
1. Практичне заняття «Розрахунок графіків навантаження»	5
2. Практичне заняття «Визначення розрахункових навантажень побутових споживачів»	10
3. Практичне заняття «Визначення розрахункових навантажень громадських будівель і споруд, адміністративних і побутових будівель підприємств».....	13
4. Практичне заняття «Визначення розрахункового навантаження системи електропостачання міста на рівнях напруги до 1 кВ»	14
5. Практичне заняття «Визначення кількості, потужності й місця розташування ТП».....	16
6. Практичне заняття «Складання схем електропостачання розподільчих електричних мереж»	20
ДОДАТОК А. Характеристика житла.....	23
ДОДАТОК Б. Довідкові матеріали	24
ДОДАТОК В. Категорія за надійністю електропостачання електроспоживачів житлових і громадських будинків.....	32
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	37

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

У курсі «Електропостачання та електрозбереження» вивчаються основи розрахунків систем електропостачання міст і промислових підприємств, принципи їхньої побудови і проектування, енергозберігаючі підходи в системах електропостачання.

Мета викладання дисципліни – надати студентам міцні знання з основ електропостачання міст і промислових підприємств і енергозберігаючих підходів у системах електропостачання.

Завдання вивчення дисципліни: формування у студентів на стадії підготовки бакалаврів електроенергетичного профілю системи базових знань про системи електропостачання, методологічні основи проектування і енергозберігаючих підходів, закріплення теоретичних знань і вироблення навичок їхнього застосування при виконанні розрахунків з даної дисципліни й у забезпечуваних курсах, а також у практичній інженерній діяльності.

Для студентів денної і заочної форм навчання передбачені наступні форми вивчення матеріалу з курсу: слухання лекцій з основних питань курсу в період установочної сесії чи протягом семестру, самостійна робота над літературою; відвідування практичних занять; виконання лабораторних робіт; виконання розрахунково-графічної роботи.

На практичних заняттях, на прикладах розв’язання задач більш детально розглядаються основні питання з курсу «Електропостачання та електрозбереження».

Відповідно до навчального плану для вивчення курсу виділяється один семестр, в якому для закріплення теоретичних знань і вироблення навичок їхнього застосування студенти повинні виконати розрахунково-графічну роботу.

Знання студентів контролюються за результатами виконання розрахунково-графічної роботи й складання іспиту.

1 Практичне заняття «Розрахунок графіків навантаження»

Графік навантаження відображає споживання потужності в часі. Груповий графік навантаження визначається за індивідуальними графіками шляхом підсумовування споживання їх потужностей в часі.

Груповий графік навантаження можна побудувати, використовуючи графоаналітичний підхід, що наочно ілюструє рисунок 1.1. Кількість ступенів групового графіка буде визначатись кількістю ступенів індивідуальних графіків, де під ступенем графіка будемо розуміти інтервал часу, протягом якого споживання потужності постійне. Потужність кожного i -го ступеня групового графіка навантаження ($P_{гр(i)}$) визначається сумою споживання потужностей i -х ступенів j індивідуальних графіків ($P_{cj(i)}$). Так потужність I ступені групового графіка визначається як:

$$P_{гр(I)} = P_{c1(I)} + P_{c2(I)}. \quad (1.1)$$

Максимальне навантаження. Максимальне навантаження $P_{\text{макс}}$ являє собою найбільше значення потужності протягом деякого проміжку часу. В розрахунковому завданні потрібно визначати 30 хвилинне максимальне тривале навантаження.

Середнє навантаження. Середнє активне навантаження при ступінчатому графіку за інтервал часу T можна знайти наступним чином:

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \Delta t_i}{T}, \quad (1.2)$$

де n – кількість ступенів графіка;

P_i – амплітуда потужності i -го ступеня;

Δt_i – тривалість i -го ступеня;

$$T = \sum_{i=1}^n \Delta t_i.$$

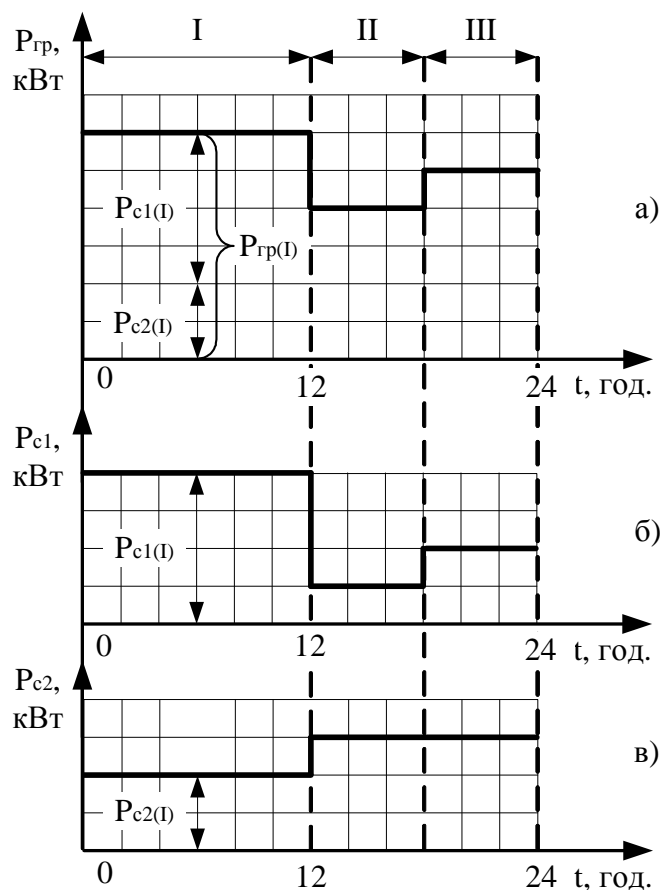


Рисунок 1.1 – Побудова групового графіка навантаження:
 а) груповий графік навантаження;
 б) індивідуальний графік навантаження першого споживача;
 в) індивідуальний графік навантаження другого споживача

Середньоквадратичне навантаження визначається як

$$P_{ск} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n P_i^2 \cdot \Delta t_i} . \quad (1.3).$$

Розрахункове навантаження (за допустимим нагрівом). Під розрахунковим навантаженням за допустимим нагрівом P_p розуміється таке тривале незмінне навантаження елемента системи електропостачання, що еквівалентне очікуваному змінному навантаженню за найбільш важким тепловим впливом: максимальною температурою нагріву провідника чи тепловим зносом його ізоляції.

При змінному графіку навантаження в якості розрахункового навантаження за допустимим нагрівом приймається максимальне навантаження тривалістю 30 хвилин.

При мало змінному графіка навантажень в якості розрахункового навантаження приймається середнє навантаження. Графік навантаження вважається малозмінним при коефіцієнті використання $K_{\epsilon,a} \geq 0,6$ [1].

Коефіцієнт використання. Коефіцієнт використання активної потужності групового графіку навантаження називається груповим коефіцієнтом використання ($K_{\epsilon,a}$), для індивідуального – індивідуальним коефіцієнтом використання ($\kappa_{\epsilon,a}$). Груповий коефіцієнт використання активної потужності приймача визначається як відношення середнього навантаження групового графіка до встановленої потужності групи приймачів:

$$K_{\epsilon,a} = \frac{P_c}{P_{ном}} \quad (1.4)$$

або наступним відношенням:

$$K_{\epsilon,a} = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_{\epsilon,ai} \cdot P_{номi}}{\sum_{i=1}^n P_{номi}}, \quad (1.5)$$

де n – кількість приймачів;

$P_{номi}$ – встановлена номінальна потужність i -го приймача.

Коефіцієнт форми графіка навантаження. Коефіцієнт форми характеризує нерівномірність графіка у часі і визначається як відношення середньоквадратичної потужності до середнього значення потужності:

$$K_{\phi,a} = \frac{P_{ск}}{P_c}. \quad (1.6)$$

Коефіцієнт максимуму. Коефіцієнт максимуму активної потужності визначається відношенням розрахункової активної потужності до середнього активного навантаження:

$$K_{м,a} = \frac{P_p}{P_c}. \quad (1.7)$$

Коефіцієнт попиту. Коефіцієнт попиту за активною потужністю $K_{n,a}$ визначається відношенням розрахункової активної потужності до встановленої номінальної активної потужності:

$$K_{n,a} = \frac{P_p}{P_{ном}}. \quad (1.8)$$

Коефіцієнт заповнення графіка навантаження. Коефіцієнт заповнення графіку навантаження $K_{з,з}$ визначається відношенням середньої активної потужності до максимальної потужності:

$$K_{з,з,a} = \frac{P_c}{P_{\max}}. \quad (1.9)$$

Коефіцієнт різночасності максимумів навантажень. Коефіцієнтом різночасності максимумів навантажень за активною потужністю $K_{p,m,a}$ визначається відношенням сумарного розрахункового активного навантаження вузла системи електропостачання, в нашому випадку ЦЖ, до суми активних навантажень окремих груп приймачів, що входять у даний вузол системи електропостачання:

$$K_{p,m,a} = \frac{P_p}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}. \quad (1.10)$$

Коефіцієнт суміщення навантажень. Коефіцієнт суміщення навантажень – це відношення максимального навантаження до суми максимальних навантажень електроприймачів:

$$K_{\text{сум}} = \frac{P_{\max}}{\sum_{i=1}^n P_{\max i}}. \quad (1.11)$$

Тривалість використання найбільшого навантаження чи час використання максимуму навантаження визначається так:

$$T_{\max} = \frac{P_c \cdot T}{P_{\max}}, \quad (1.12)$$

де T – час, який визначається тривалістю графіка навантаження, наприклад, для добового графіка $T = 24$ год., для річного – $T = 8760$ год.

Час найбільших втрат потужності визначається як

$$\tau = \frac{P_{\text{ск}}^2 \cdot T}{P_{\max}^2}. \quad (1.13)$$

де T визначається аналогічно як для T_{\max} .

Задача 1. Для шин ТП, до яких підключено двох споживачів з графіками навантаження, зображеними на рисунку 1.2, необхідно визначити груповий графік навантаження та наступні показники, що його характеризують: максимальне навантаження; середнє навантаження; коефіцієнт використання.

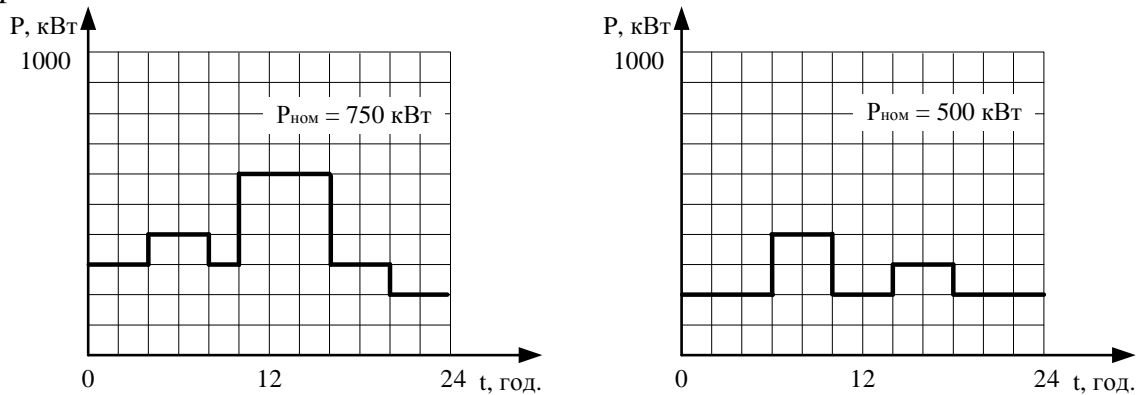


Рисунок 1.2 – Індивідуальні графіки навантаження:
а – 1-го споживача; б – 2-го споживача

Розв’язання. Визначимо груповий графік навантаження наступним чином. Представимо індивідуальні графіки навантаження у табличній формі (табл. 1.1), де кожному інтервалу часу поставимо у відповідність значення потужності, що споживається. Просумувавши значення потужності за кожний інтервал часу ми отримуємо груповий графік навантаження, який графічно зображено на рисунку 1.3.

Таблиця 1.1 – Визначення групового графіку навантаження

Інтервал часу	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
Індивідуальний графік 1	300	300	400	400	300	600	600	600	300	300	300	300
Індивідуальний графік 2	200	200	200	400	400	200	200	300	300	200	200	200
Груповий графік ТП	500	500	600	800	700	800	800	900	600	500	500	500

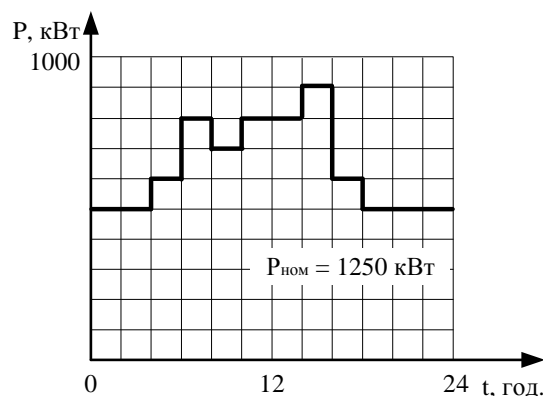


Рисунок 1.3 – Груповий графік навантаження

Максимальне навантаження групового графіку $P_{\text{макс}}$ складає 900 кВт. Середнє навантаження дорівнює:

$$P_c = \frac{500 \cdot 4 + 600 \cdot 2 + 800 \cdot 2 + 700 \cdot 2 + 800 \cdot 4 + 900 \cdot 2 + 600 \cdot 2 + 500 \cdot 6}{24} = 641,7 \text{ кВт.}$$

Сумарна встановлена потужність приймачів групового графіка дорівнює

$$750 + 500 = 1250 \text{ кВт.}$$

$$\text{Коефіцієнт використання складає } K_{\text{в,а}} = \frac{641,7}{1250} = 0,513.$$

2 Практичне заняття

«Визначення розрахункових навантажень побутових споживачів»

До побутових споживачів відносяться житлові будинки (житлові будинки і гуртожитки). Розрахункове навантаження житлового будинку містить у собі навантаження житла (квартир чи котеджів), силових електроприймачів і вбудованих чи прибудованих приміщень [3]:

$$P_{\text{жб}} = P_{\text{ж}} + 0,9 \cdot P_{\text{сил}} + \sum_{i=1}^n P_{\text{цi}} \cdot K_{\text{нмi}}, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{ж}}$ – розрахункове навантаження електроприймачів житла (квартир);

$P_{\text{сил}}$ – розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку;

$P_{\text{цi}}$ – розрахункове навантаження вбудованих чи прибудованих цивільних приміщень, які живляться від електрошитої жилого будинку;

$K_{\text{нмi}}$ – коефіцієнт участі в максимумі навантаження квартир і силових електроприймачів жилого будинку навантажень вбудованих чи прибудованих приміщень.

Розрахункове навантаження житла. Розрахункове навантаження групи житла 1-го і 2-го виду (додаток 1) з однаковим питомим електричним навантаженням, приведене до лінії живлення, вводу в житловий будинок, шинам напругою 0,4 кВ ТП, визначається в такий спосіб:

$$P_{\text{жN}} = P_{\text{жсп}} \cdot N, \quad (2.2)$$

де $P_{\text{жсп}}$ – питоме розрахункове електричне навантаження одного житла (квартири), що залежить від прийнятого рівня електрифікації і кількості квартир, приєднаних до даної ланки електромережі, кВт/житло (табл. Б.1 додатку 2);

N – кількість житла (квартир), приєданого до введення, лінії, ТП.

Визначення питомого розрахункового електричного навантаження одного житла при проміжних значеннях N (табл. Б.1) $P_{жп}^x$, робиться інтерполяцією, відповідно до наступного виразу:

$$P_{жп}^x = P_{жп}^{N_1} + \frac{(N_{ж}^x - N_1) \cdot (P_{жп}^{N_2} - P_{жп}^{N_1})}{(N_2 - N_1)}, \quad (2.3)$$

де $P_{жп}^{N_1}$ та $P_{жп}^{N_2}$ – питоме навантаження одного житла (квартири) при їх кількості N_1 і N_2 відповідно;

$N_{ж}^x$ – кількість житла (квартир), для яких визначається $P_{жп}^x$. Графічно вираз (2.3) пояснює рисунок 2.1.

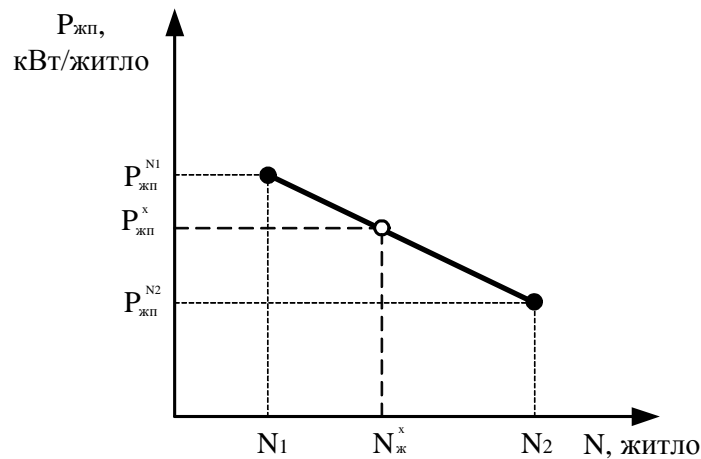


Рисунок 2.1 – $P_{жп}^x = f(N_{ж}^x)$

Розрахункове навантаження на вводі житла 3-го виду визначається відповідно до завдання на проектування за проектом внутрішнього електроустаткування залежно від параметрів приладів, що застосовуються, режимів їхньої роботи і відповідних теплотехнічних розрахунків. У [3] наведена методика для попереднього визначення розрахункового навантаження житла 3-го виду приведеної до лінії живлення, вводу, шин напругою 0,4 кВ ТП.

Розрахункові навантаження вводів і на шинах 0,4 кВ гуртожитків коридорного типу визначаються розрахунковими навантаженнями загального освітлення, розеток, кухонних плит і приміщень суспільного призначення [3]. Допускається визначати розрахункове навантаження гуртожитків за укрупненими питомими показниками аналогічно громадським будинкам і спорудам.

Розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку. Розрахункове силове навантаження, приведене до вводу, лінії чи шин напругою 0,4 кВ ТП, визначається виразом

$$P_{\text{сил}} = K_{\text{нл}} \sum_{i=1}^n P_{\text{лі}} + K_{\text{нст}} \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{стп}i}, \quad (2.4)$$

де $P_{\text{стп}i}$ – установлена потужність електродвигуна i -ї санітарно-технічної установки;

$K_{\text{нст}}$ – коефіцієнт попиту для санітарно-технічної установок (табл. Б.2);

$P_{\text{лі}}$ – установлена потужність електродвигуна i -ї ліфтової установки;

$K_{\text{нл}}$ – коефіцієнт попиту для ліфтових установок (табл. П2.3).

Повне і реактивне силове навантаження і навантаження житла визначаються в такий спосіб:

$$\begin{aligned} Q_{\text{сил}} &= P_{\text{сил}} \cdot \operatorname{tg} \phi_{\text{сил}}, & S_{\text{сил}} &= \frac{P_{\text{сил}}}{\cos \phi_{\text{сил}}}; \\ Q_{\text{жс}} &= P_{\text{жс}} \cdot \operatorname{tg} \phi_{\text{жс}}, & S_{\text{жс}} &= \frac{P_{\text{жс}}}{\cos \phi_{\text{жс}}}, \end{aligned} \quad (2.5)$$

де $\cos \phi$ и $\operatorname{tg} \phi$ – коефіцієнт потужності і реактивної потужності (табл. П2.4).
Повна потужність побутового споживача визначається як

$$S_{\text{жсб}} = \sqrt{(P_{\text{жс}} + 0,9 \cdot P_{\text{сил}})^2 + (Q_{\text{жс}} + 0,9 \cdot Q_{\text{сил}})^2}. \quad (2.6)$$

Задача 2. *Визначити повне розрахункове навантаження 9-ти поверхового житлового будинку, який має наступні характеристики: житло відноситься до 1-го виду і 1-го рівня електрифікації; кількість під'їздів – 6; кількість квартир на одному поверсі – 6; кількість ліфтових установок в одному під'їзді – 1; потужність ліфтової установки – 10 кВт.*

Розв'язання. У першу чергу визначимо кількість квартир у житловому будинку й встановлену потужність ліфтових установок. Кількість квартир складає: 6 під'їздів \times 6 квартир \times 9 поверхів = 324 квартири. Встановлена потужність ліфтових установок складає: 6 під'їздів \times 1 ліфт \times 10 кВт = 60 кВт.

Далі, інтерполяцією, визначимо питоме навантаження однієї квартири при їх кількості 324: $P_{\text{жсп}}^{324} = 0,87 + \frac{(324 - 200) \cdot (0,74 - 0,8)}{(400 - 200)} = 0,83$ кВт/кв. Питомі

навантаження однієї квартири при їх кількості 200 та 400 кв. визначені за табл. Б.1.

Визначаємо активне розрахункове навантаження квартир житлового будинку: $P_{\text{жс}324} = 0,83 \cdot 324 = 268,9$ кВт.

Для визначення активного силового навантаження потрібно знати коефіцієнт попиту (табл. Б.3), який при кількості ліфтів – 6 і будинкові до 12 поверхів складає 0,65. Таким чином активне силове навантаження житлового будинку дорівнює $P_{\text{сил}} = 0,65 \cdot 60 + 0 = 39$ кВт.

Активне розрахункове навантаження житлового будинку дорівнює $P_{жб} = 268,9 + 0,9 \cdot 39 = 304$ кВт.

Для визначення реактивного навантаження слід знати відповідні коефіцієнти реактивної потужності які визначаються за табл. Б. Таким чином реактивне силове навантаження житлового будинку дорівнює $Q_{сил} = 39 \cdot 1,17 = 45,63$ квар. Реактивне розрахункове навантаження квартир житлового будинку дорівнює $Q_{ж324} = 268,9 \cdot 0,29 = 77,98$ квар.

Повне розрахункове навантаження житлового будинку дорівнює $S_{жб} = \sqrt{304^2 + (77,98 + 0,9 \cdot 45,63)^2} = 326,5$ кВА.

Для наглядності результати розрахунків зведено у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантаження житлового будинку

Жила будівля	N, житло	$P_{жп}$, кВт/житло	$P_{ж}$, кВт	$\sum_{i=1}^n P_{ли}$, кВт	$K_{пл}$	$\sum_{i=1}^n P_{стyi}$, кВт	$K_{псту}$	$0,9P_{сил}$, кВт	$P_{жб}$, кВт	$S_{жб}$, кВА
9-ти поверховий будинок	324	0,83	268,9	60	0,65	-	-	35,1	304	326,5

3 Практичне заняття

«Визначення розрахункових навантажень громадських будівель і споруд, адміністративних і побутових будівель підприємств»

Розрахункове навантаження громадських будинків і споруд, адміністративних і побутових будинків підприємств визначається розрахунковими навантаженнями освітлення, розеток, технологічного устаткування, посудомийних машин, харчоблоків, сантехнічного устаткування чи холодильних машин з використанням різних коефіцієнтів [3].

Допускається при попередніх розрахунках [3] визначати розрахункове навантаження громадських будинків і споруд, адміністративних і побутових будинків підприємств за укрупненими питомими показниками (табл. Б.5) за наступним виразом:

$$P_{сб} = P_n \cdot N, \quad (3.1)$$

де P_n – питоме навантаження кВт/од.;

N – характеристика споживача, од.

Повне і реактивне силове навантаження громадських будинків і споруд, адміністративних і побутових будинків підприємств визначається аналогічно (2.5). Значення коефіцієнтів потужності для даних споживачів наведені в таблиці Б.5

Задача 3. Визначити повне розрахункове навантаження загальноосвітньої школи, яка має наступні характеристики: школа має електрифіковану їдальню і спортзал; кількість учнів – 1000.

Розв’язання. Визначимо питоме навантаження загальноосвітньої школи. Для цього скористаємось таблицею орієнтовних питомих розрахункових електричних навантажень громадських будинків і споруд (приміщень) громадського призначення (табл. Б.5). Так, питоме активне навантаження загальноосвітньої школи з електрифікованими їдальнями і спортзалами складає 0,25 кВт на одного учня. Коефіцієнт реактивної потужності цього споживача дорівнює 0,33. Таким чином розрахункове активне навантаження школи: $P_{шк} = 1000 \cdot 0,25 = 250$ кВт. Розрахункове реактивне навантаження дорівнює $Q_{шк} = 250 \cdot 0,33 = 82,5$ квар. Повне розрахункове навантаження $S_{шк} = \sqrt{250^2 + 82,5^2} = 263,3$ кВА.

Для наглядності результати розрахунків зведено у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахункове навантаження громадських будівель і споруд

Громадська будівля	N, од.	P_n , кВт/од.	$P_{сб}$, кВт	$tg\phi$	$Q_{сб}$, квар	$S_{сб}$, кВА
Школа	1000	0,25	250	0,33	82,5	263,3

4 Практичне заняття

«Визначення розрахункового навантаження системи електропостачання міста на рівнях напруги до 1 кВ»

Згідно з [3, 4] розрахункове навантаження ліній живлення та ТП при спільному живленні цивільних споруд різного призначення $P_{цс}$ на напрузі до 1 кВ визначається в такий спосіб:

$$P_{цс} = P_{б\max} + K_{нм1} \cdot P_{б1} + \dots + K_{нмп} \cdot P_{бп}, \quad (4.1)$$

де $P_{б\max}$ – найбільше розрахункове навантаження з (n+1) будівель, що підключені до лінії чи ТП;

$P_{бп}$ – розрахункове навантаження n-го споживача;

$K_{нмп}$ – коефіцієнт участі в максимумі навантаження (табл. Б.6), який враховує частку електричного навантаження n-го споживача в найбільшому розрахунковому навантаженні $P_{б\max}$.

Даний підхід можна використовувати для визначення розрахункового навантаження мікрорайону, де з усіх споживачів виділяють споживача з найбільшим навантаженням і до нього додають навантаження інших споживачів з урахуванням відповідних коефіцієнтів участі в максимумі навантаження:

$$P_{pmk} = P_{\bar{o}max} + K_{nm1} \cdot P_{\bar{o}1} + \dots + K_{nmp} \cdot P_{\bar{o}n}, \quad (4.2)$$

У виразі (4.2) необхідно попередньо визначити розрахункове навантаження однотипних споживачів як одного. Наприклад, якщо в мікрорайоні знаходиться декілька житлових будинків з житлом 1-го виду і I-м рівнем електрифікації, їх треба розглядати як один житловий будинок з житлом 1-го виду і I-м рівнем електрифікації.

Розрахункове навантаження, визначене за (4.2), не враховує навантаження зовнішнього освітлення. При його врахуванні розрахункове навантаження мікрорайону визначається в такий спосіб:

$$P_{pmk+osv} = P_{pmk} + P_{rosv}, \quad (4.3)$$

де P_{rosv} – активне розрахункове навантаження зовнішнього освітлення, що залежить від категорій вулиць, доріг і площ мікрорайону [3], визначається за світлотехнічним розрахунком. Допускається P_{rosv} приймати рівним 10% від навантаження міських споживачів (у даному випадку від навантаження P_{pmk}).

Задача 4. *Визначити активне розрахункове навантаження шин ТП, до яких підключені житловий будинок й загальноосвітня школа, які розглянуто у 2-й та 3-й задачах.*

Розв’язання. Для визначення розрахункового навантаження шин ТП в першу чергу слід виділити основного споживача, який буде формувати максимум навантаження. Ним є житловий будинок, тому що він характеризується найбільшим значенням активного розрахункового навантаження (304 кВт). Далі, з табл. Б.6, визначаємо, що коефіцієнт участі школи в максимумі навантаження житлового будинку складає 0,4. Таким чином розрахункове активне навантаження шин ТП дорівнює: $P_{ТП} = 304 + 0,4 \cdot 250 = 404$ кВт.

Для наглядності результати розрахунків зведено у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахункове навантаження шин ТП

Споживач	N, житл о (од.)	$P_{жсп}$, кВт/ житло (од.)	$\sum_{i=1}^n P_{лі}$, кВт	$K_{пл}$	$\sum_{i=1}^n P_{стyi}$, кВт	$K_{псту}$	$P_{жб} (P_{сб})$, кВт	$K_{нм}$	$P_{ТП}$, кВт
Житловий будинок	324	0,83	60	0,65	-	-	304	1	404
Школа	1000	0,25	-	-	-	-	250	0,4	

5 Практичне заняття

«Визначення кількості, потужності й місця розташування ТП»

При розгляді питання визначення кількості, потужності й місця розташування ТП необхідно враховувати вимоги [5] до кількості незалежних джерел живлення, у даному разі трансформаторів ТП, для забезпечення надійного електропостачання споживачів. Категорії за надійністю електропостачання міських споживачів визначені в [3] і наведені в додатку 3.

Визначення потужності ТП. Згідно з [2] у районах малоповерхової забудови (1–4 поверху) потужність ТП залежно від щільності навантаження G на шинах 0,4 кВ ($G = P_{рмк+осв} / S$, де S – площа мікрорайону) рекомендується приймати:

Таблиця 4.2 – Визначення потужності ТП

Щільність навантаження, МВт/км ²	Потужність ТП, кВ·А
0,8–1,0	1х160
1,0–2,0	1х250
2,0–5,0	1х400

У районах багатоповерхової забудови (5 поверхів і вище) оптимальна потужність однотрансформаторних ТП – 1х630 кВ·А. У разі застосування двотрансформаторних ТП їхня оптимальна потужність складає 2х630 кВ·А.

Визначення кількості ТП. Орієнтовну кількість ТП мікрорайону можна визначити наступним чином:

$$N_{\text{ТП}} \approx \frac{P_{\text{мк+осв}}}{n_{\text{тр}} \cdot K_z^H \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \phi}, \quad (5.1)$$

де $n_{\text{тр}}$ – кількість трансформаторів в ТП;

K_z^H – коефіцієнт завантаження трансформаторів у нормальному режимі;

$S_{\text{ном}}$ – номінальна потужність трансформаторів у ТП;

$\cos \phi$ – коефіцієнт потужності навантаження мікрорайону (для селітебної зони в розрахунках $\cos \phi$ прийняти рівним 0,9).

Визначення місця розташування ТП. Місце розташування ТП рекомендується приймати, по можливості, якнайближче до центра електричних навантажень. Для визначення координат центра електричних навантажень ($X_{\text{цен}}$; $Y_{\text{цен}}$) необхідно знати які споживачі будуть підключені до тієї чи іншої ТП, а також їхні координати (x_i ; y_i):

$$X_{\text{ценj}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad Y_{\text{ценj}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (5.2)$$

де n – кількість споживачів, підключених до j -ї ТП.

Визначення складу споживачів ТП здійснюється з урахуванням двох факторів:

- споживачі повинні розташовуватися якомога ближче до ТП;
- розрахункове навантаження ТП, визначене з урахуванням освітлювального навантаження ($P_{\text{ТП+осв}} = P_{\text{ТП}} + 0,1 \cdot P_{\text{ТП}}$), повинне бути таке, щоб коефіцієнт завантаження трансформаторів у нормальному режимі $K_z^n = \frac{P_{\text{ТП+осв}}}{\cos \phi \cdot n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном}}}$ знаходився в діапазоні від 0,6 до 0,7 для

двотрансформаторних і від 0,9 до 1,2 однострансформаторних ТП.

При невиконанні умови щодо завантаження трансформаторів у нормальному режимі необхідно переглянути склад споживачів ТП і повторити розрахунок. При повторних негативних результатах треба збільшити кількість ТП.

Картограма навантажень. Картограма навантажень являє собою графічне зображення розрахункових навантажень на плані промислового підприємства чи міста. Графічно навантаження представляється у вигляді кола, центр якого збігається з центром ваги чи з ВРП споживача. Радіус кола визначається наступним виразом:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (5.3)$$

де P_{pi} – розрахункове навантаження електроприймача;
 m – масштаб для визначення площини кола.

Задача 5. Визначити кількість, потужність і місце розташування ТП для споживачів кварталу міста, що зображено на рисунку 5.1, і побудувати картограму навантаження. Розрахункове активне навантаження споживачів наведено в таблиці 5.1.

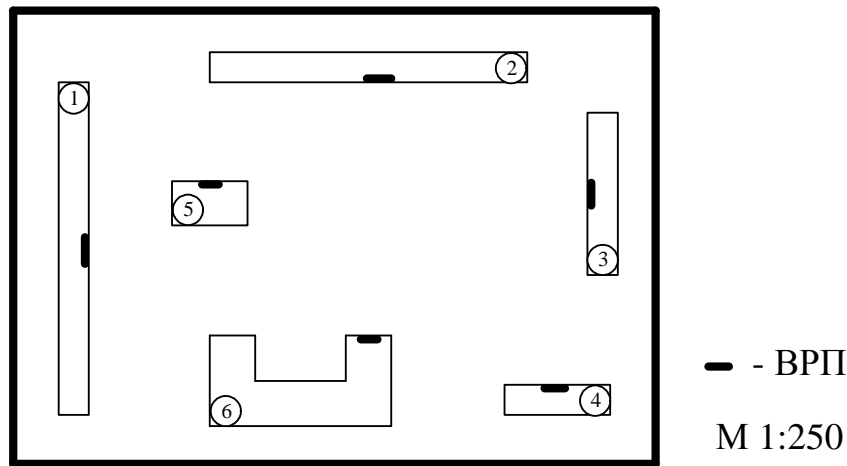


Рисунок 5.1 – План-схема кварталу міста

Таблиця 5.1 – Розрахункові навантаження

№	Споживач	$P_{\text{расч}}, \text{кВт}$
1	9-ти поверховий житловий будинок з газовими плитами	320
2	12-ти поверховий житловий будинок з електроплитами	120
3	Поліклініка	80
4	Магазин з площею торгового залу понад 2100 м ²	230
5	Дитячий садок	40
6	Загальноосвітня школа без електрифікованої столової та із спортзалом	100

Розв’язання. Кількість ТП визначається розрахунковим навантаженням кварталу з урахуванням освітлення. Крім цього слід знати категорію за надійністю електропостачання споживачів для визначення кількості трансформаторів в ТП.

Розрахункове активне навантаження кварталу без урахування освітлення складає $P_{\text{квртл}} = 310 + 0,9 \cdot 120 + 0,7 \cdot 80 + 0,8 \cdot 230 + 0,4 \cdot 40 + 0,4 \cdot 100 = 714 \text{ кВт}$, з урахування освітлення $P_{\text{квртл+осв}} = 714 + 0,1 \cdot 714 = 785,4 \text{ кВт}$.

Серед споживачів кварталу міста є споживач I-ї категорії – це магазин з площею торгового залу понад 2100 м² (табл. В.1). Виходячи з цього необхідно забезпечити резервоване електропостачання цього споживача що можливо при використанні двотрансформаторних ТП.

Номінальна потужність трансформаторів буде складати 630 кВА так як квартал що розглядається має будови понад 5 поверхів.

Таким чином кількість ТП дорівнює: $N_{\text{ТП}} = \frac{785,4}{2 \cdot 630 \cdot 0,9} = 0,69$. Тобто в кварталі слід встановити одну ТП. Завантаження трансформаторів цієї ТП в нормальному режимі складає: $K_3^H = \frac{785,4}{0,9 \cdot 2 \cdot 630} = 0,69$, що є задовільним.

Місце розташування ТП визначимо за координатами споживачів відносно ВРП:

$$X_{ТП} = \frac{320 \cdot 10 + 120 \cdot 47 + 80 \cdot 77 + 230 \cdot 72 + 100 \cdot 47 + 40 \cdot 26}{320 + 120 + 80 + 230 + 40 + 100} = 41,9 \text{ мм};$$

$$Y_{ТП} = \frac{320 \cdot 29 + 120 \cdot 51 + 80 \cdot 36 + 100 \cdot 10 + 70 \cdot 18 + 230 \cdot 38}{890} = 26,8 \text{ мм}.$$

Для наглядності результати розрахунків зведено у таблиці 5.2. Місце розташування ТП показано на рис. 6.2. На цьому ж рисунку показана і картограма навантаження споживачів кварталу міста, радіуси кіл яких дорівнюють: $r_1 = \sqrt{\frac{320}{\pi \cdot 0,5}}$

$= 20,2 \text{ мм}; r_2 = 12,4 \text{ мм}; r_3 = 10,1 \text{ мм}; r_4 = 17,1 \text{ мм}; r_5 = 7,1 \text{ мм}; r_6 = 11,3 \text{ мм}.$

Таблиця 5.2 – Розрахункові навантаження і місце розташування ТП

ТП	Споживач	P_p , кВт	$K_{нм}$	$P_{тп}$, кВт	$P_{тп+осв}$, кВт	K_3^H	$X_{ТП}$, мм	$Y_{ТП}$, мм
ТП1	1	320	1	714	785,4	0,69	41,9	26,8
	2	120	0,9					
	3	80	0,7					
	4	230	0,8					
	5	40	0,4					
	6	100	0,4					

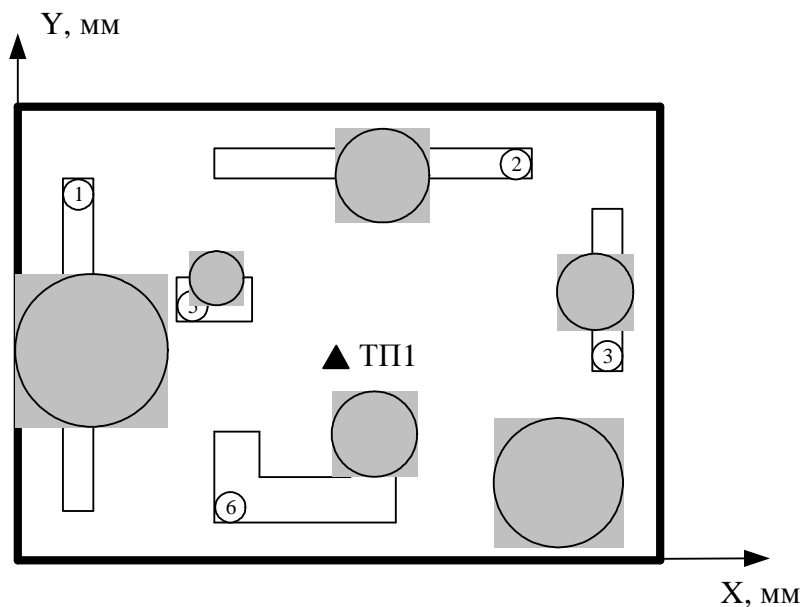


Рисунок 5.2 – Місце розташування ТП та картограма навантаження

6 Практичне заняття

«Складання схем електропостачання розподільчих електричних мереж»

Виконання розподільних мереж у першу чергу залежить від надійності електропостачання міських споживачів, що повинна відповідати [5].

Виходячи з вищевикладеного, в [2] дані наступні рекомендації, що стосуються схем мереж напругою 0,4 – 20 кВ.

Мережі напругою 10 (6) – 20 кВ повинна використовуватися для спільного живлення міських комунально-побутових і промислових споживачів.

При відповідних техніко-економічних обґрунтуваннях допускається спорудження живильних мереж напругою 10 (6) – 20 кВ для самостійного електропостачання окремих великих споживачів.

Принцип побудови міської розподільної мережі вибирається стосовно до основної маси електроприймачів споживачів розглянутого району міста. Прийнятий спосіб побудови доповнюється необхідними матеріалами по створенню необхідної надійності електропостачання для окремих приймачів вищої категорії (при їхній наявності). Вказані заходи визначаються місцевими умовами.

При виборі схеми розподільної мережі слід враховувати, щоб збірні шини напругою 10 (6) – 20 кВ чи їхні секції, зв'язані через секційний чи здвоєний реактор, не включалися в нормальному і післяаварійному режимах на паралельну роботу через зазначену мережу.

Пропускна здатність ліній і трансформаторів визначається прийнятим способом побудови розподільної мережі, розрахунковими режимами її роботи з урахуванням допустимого перевантаження устаткування і кабелів у післяаварійних режимах.

Доцільність спорудження розподільчого пункту (РП) у розподільній мережі напругою 10 (6) – 20 кВ повинна обґрунтовуватися в кожному окремому випадку техніко-економічними розрахунками.

Схеми з РП у першу чергу слід розглядати при значній віддаленості району електропостачання від ЦЖ і зниженому рівні надійності розподільної мережі напругою 10 (6) – 20 кВ.

Допускається застосування РП при навантаженні на їхніх шинах не менш 7,0 МВт при напрузі 10 кВ і не менше 4,0 МВт при напрузі 6 кВ.

РП варто застосовувати з однією системою збірних шин секціоновану вимикачем.

Залежно від потужності, що передається живильній мережі напругою 10 (6) – 20 кВ, рекомендується виконувати її за однією з двох схем:

- живлення РП за двома взаєморезервованими лініями, що підключаються до різних секцій з АВР на секційному вимикачі;
- живлення РП за трьома лініями, дві з яких працюють паралельно і підключаються до однієї секції шин розподільчого пристрою

10 (6) – 20 кВ ЦЖ. Резервування роздільно працюючих ліній здійснюється у РП за допомогою АВР на секційному вимикачі.

Допускається при відповідних обґрунтуваннях застосування й інших схем живлення РП.

При петльовій і радіальній схемах побудови розподільних мереж повинні застосовуватися ТП, як правило, з одним трансформатором.

Основним принципом побудови розподільної мережі для електроприймачів першої категорії є двопроточна схема з двостороннім живленням з АВР на напрузі 0,4 кВ двотрансформаторних ТП за умови підключення взаєморезервованих ліній 10 (6) – 20 кВ до різних незалежних джерел живлення і пристрою АВР безпосередньо на вводі 0,4 кВ електроприймача.

Особливості виконання системи електропостачання приймачів першої категорії в інших випадках визначаються місцевими умовами. Слід розглядати живлення електроприймачів першої категорії від різних ТП, зв'язаних різними розподільними лініями напругою 10 (6) – 20 кВ, приєднаними до незалежних джерел, передбачаючи необхідні резерви в пропускній здатності елементів системи залежно від навантаження електроприймачів першої категорії.

Основним принципом побудови розподільної мережі для електроприймачів другої категорії є сполучення петльових ліній напругою 10 (6) – 20 кВ, що забезпечують двостороннє живлення кожної ТП, і петльових ліній напругою 0,4 кВ для живлення споживачів.

Петльові лінії напругою 0,4 кВ можуть приєднуватися до однієї чи різних ТП.

Рекомендується паралельна робота трансформаторів на напрузі 0,4 кВ за схемою із «слабкими» зв'язками чи за напівзамкненою схемою при умові, що обслуговування зазначених мереж 0,4 кВ здійснюється електропостачальною організацією.

Допускається використання автоматизованих схем (двопроточних та ін.) для живлення електроприймачів другої категорії, якщо їхнє застосування приводить до збільшення приведених витрат на спорудження мережі не більше, ніж на 5%.

Основним принципом побудови розподільної мережі для електроприймачів третьої категорії є сполучення петльових-резервованих ліній напругою 10 (6) – 20 кВ, з метою двостороннього живлення кожної ТП, і радіальних нерезервованих ліній 0,4 кВ до споживачів. При виконанні мережі напругою 10 (6) – 20 кВ повітряними лініями їхнє резервування може не передбачатися. При виконанні мережі напругою 0,4 кВ кабельними лініями необхідно враховувати припустиму перерву в електропостачанні на час, необхідний для подачі тимчасового живлення, ремонту чи заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, але не більше ніж на одну добу.

Рекомендується застосування двопроточної (багатопроточної) схеми з пристроєм АВР на напрузі 0,4 кВ, що являє собою сполучення розподільних ліній напругою 10 (6) – 20 кВ, ТП на два трансформатори, що підключаються до різних ліній 10 (6) – 20 кВ, і розподільних ліній напругою 0,4 кВ, зв'язаних з різними трансформаторами. При цьому розподільні лінії і трансформатори

взаємно резервують один одного. Пристрій АВР передбачається на шинах напругою 0,4 кВ ТП.

Допускається застосування двопроменевої (багатопроменевої) схеми з пристроєм АВР на напрузі 10 (6) – 20 кВ, що містить автоматичні взаєморезервовані розподільні лінії 10 (6) – 20 кВ із пристроєм АВР на одному з двох вводів кожної, як правило, одностансформаторної ТП. При цьому розподільна мережа напругою 0,4 кВ виконується, в основному за петльовою схемою з підключенням ліній до однієї чи різних ТП.

Для електропостачання районів з електроприймачами першої і другої категорії рекомендується на напрузі 10 (6) – 20 кВ застосовувати комбіновану петльову – двопроменеву схему з двостороннім живленням.

Для житлових і громадських будинків з електричними плитами і всіма будинками висотою 9 поверхів і більше при живленні від одностансформаторних ТП слід передбачати резервування по мережі напругою 0,4 кВ від інших ТП.

Рекомендується передбачати взаємне резервування ліній напругою 0,4 кВ, що живлять у нормальному режимі роздільно силове й освітлювальне навантаження.

ДОДАТОК А. Характеристика житла

Залежно від оснащеності побутовими електроприладами і їхніми розрахунковими навантаженнями житло (квартири) поділяється на три види:

- 1) житло (квартири) у будинках масового будівництва, споруджених і які споруджують із загальною площею від 35 до 95 м² і заявленої (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт;
- 2) житло (квартири) у багатоквартирних будинках, споруджених і які споруджують з загальною площею від 100 до 300 м² і заявленої (встановленою) потужністю електроприймачів від 30 до 60 кВт;
- 3) житло (квартири) у котеджах, будинках, споруджених і які споруджують в розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від 150 м² до 600 м² і заявленим Замовником високим рівнем комфортності, що відповідає потужності електроприймачів від 60 до 140 кВт.

Для житла 1-го виду (квартир, багато- і малоквартирних будинків, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств) встановлюються п'ять рівнів електрифікації і відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

- I) житло (квартири) з плитами на природному газі;
- II) житло (квартири) з плитами на зрідженому газі;
- III) житло (квартири) з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт;
- IV) житло (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт;
- V) будиночки на ділянках садівничих товариств.

Для житла 2-го виду встановлюються два рівні електрифікації і відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

- I) житло (квартири) з плитами на природному газі;
- II) житло (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт.

ДОДАТОК Б. Довідкові матеріали

Таблиця Б.1 – Питомі розрахункові електричні навантаження житла 1-го і 2-го видів

Споживачі електроенергії	Значення показника, кВт/житло при кількості житла														
	1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1. Житло 1-го виду															
1.1 I рівня електрифікації – в будинках з плитами на природному газі	5,00	3,85	3,23	2,72	2,36	2,10	1,91	1,65	1,31	1,14	1,00	0,87	0,74	0,66	0,60
1.2 II рівня електрифікації – в будинках з плитами на зрідженому газі й на твердому паливі	6,50	5,01	4,20	3,53	3,07	2,73	2,48	2,15	1,70	1,48	1,30	1,12	0,96	0,86	0,78
1.3 III рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 8,5 кВт	10,00	8,19	5,56	4,44	3,76	3,33	3,05	2,72	2,35	2,10	1,73	1,38	1,31	1,19	1,10
1.4 IV рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт	12,00	9,83	6,67	5,33	4,51	3,99	3,66	3,26	2,82	2,52	2,08	1,65	1,58	1,43	1,32
1.5 V рівня електрифікації – в будиночках на ділянках садибних товариств	3,50	2,84	1,91	1,47	1,22	1,07	0,96	0,83	0,66	0,58	0,52	0,48	0,47	0,46	0,41
2. Житло 2-го виду															
2.1 I рівня електрифікації – в будинках з плитами на природному газі	9,00	6,33	5,29	4,36	3,72	3,26	2,94	2,51	2,00	1,78	1,62	1,47	1,24	1,08	0,99
2.2 II рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт за індивідуальним проектом	16,00	13,05	8,34	6,41	5,39	4,77	4,36	3,83	3,18	2,83	2,51	2,16	1,88	1,77	1,76

Примітка 1. Для вибору приладів обліку й апаратів захисту на вводі житла (квартири) слід приймати питоме розрахункове навантаження одного житла.

Примітка 2. Питомі розрахункові навантаження для кількості житла, не зафіксованого в таблиці, визначаються інтерполяцією.

Примітка 3. Розрахункове електричне навантаження житла 2-го виду допускається визначати у проекті внутрішнього електроустаткування квартири (будинку) залежно від конкретного набору електропобутових приладів і режиму їхньої роботи, що характеризується середньою імовірністю включення (коефіцієнтом попиту), і розбіжності господарських робіт у квартирі, як для житла 3-го виду.

Примітка 4. Питомі розрахункові навантаження не враховують загальнобудинкове силове навантаження, освітлювальне і силове навантаження вбудованих (прибудованих) приміщень громадського призначення, навантаження реклами, застосування в квартирах повного електричного опалення і електропідігрівання води, а також навантаження антиожеледної системи даху на основі нагрівальних кабелів.

Примітка 5. Таблиця фіксує значення розрахункових навантажень для зимового вечірнього максимуму. Для визначення при необхідності ранкового чи денного максимуму навантаження застосовують коефіцієнти: 0,7 – для житлових будинків з електроплитами; 0,5 – для житлових будинків з газовими плитами.

Примітка 6. Електричне навантаження житлових будинків у період літнього максимуму можна визначати шляхом множення наведених у таблиці навантажень зимового максимуму на коефіцієнти: 0,8 – для квартир з електричними плитами; 0,7 – для квартир з плитами на природному газі; 0,6 – для квартир із плитами на зрідженому газі й твердому паливі.

Примітка 7. Навантаження ілюмінації потужністю до 10 кВт у розрахунковому навантаженні на ввіді в будинок не повинні враховуватися.

Таблиця Б.2 - Коефіцієнти попиту для санітарно-технічних установок

Питома вага встановленої потужності працюючого сантехнічного і холодильного устаткування, включаючи системи кондиціонування повітря, у загальній встановленій потужності працюючих силових електроприймачів, %	$K_{пстм}$ при кількості електроприймачів										
	2	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200
100-85	1 (0,8)	0,9(0,75)	0,8 (0,7)	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5
84-75	-	-	0,75	0,7	0,65	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55	0,5
74-50	-	-	0,7	0,65	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45
49-25	-	-	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
24 і менше	-	-	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,4

Примітка 1. У встановлену потужність резервні електроприймачі не включаються.

Примітка 2. У дужках наведені коефіцієнти попиту для електродвигунів одиничною потужністю більше чим 30 кВт.

Примітка 3. Коефіцієнт попиту для кількості приєднаних електроприймачів, не вказаних у таблиці, визначається інтерполяцією.

Таблиця Б.3 – Коефіцієнти попиту для ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	$K_{пл}$ для будинків висотою	
	до 12 поверхів	12 і більше поверхів
2 – 3	0,80	0,90
4 – 5	0,70	0,80
6	0,65	0,75
10	0,50	0,60
20	0,40	0,50
25 і більше	0,35	0,40

Примітка. Коефіцієнт попиту для кількості ліфтових установок, не зазначених в таблиці, визначається інтерполяцією.

Таблиця Б.4 – Коефіцієнти потужності й реактивної потужності житла

Лінія живлення	Розрахункові коефіцієнти	
	$\cos \phi$	$\operatorname{tg} \phi$
Квартири з електричними плитами	0,98	0,2
Квартири з електричними плитами і побутовими кондиціонерами повітря	0,93	0,4
Квартири з електричними плитами на природному, зрідженому газі, на твердому паливі	0,96	0,29
Квартири з електричними плитами на природному, зрідженому газі, на твердому паливі й побутовими кондиціонерами повітря	0,92	0,43
Загальнобудинкове освітлення: з лампами розжарювання; з люмінесцентними лампами.	1,00	0,00
	0,92	0,43
Господарські насоси, вентиляційні установки та інші санітарно-технічні пристрої	0,8	0,75
Ліфти	0,65	1,17

Примітка. Коефіцієнт потужності лінії, що живить один електродвигун, приймають за каталожними даними цього двигуна.

Примітка. Коефіцієнт потужності групових ліній освітлення з розрядними лампами слід приймати за 4.37.1 [3].

Таблиця Б. 5 – Орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження громадських будинків і споруд (приміщень) громадського призначення

Об'єкти масового будівництва	Од. виміру	Питоме наванта- ження	Розрахункові коефіцієнти	
			$\cos\varphi$	$tg\varphi$
Підприємства громадського харчування: <ul style="list-style-type: none"> • цілком електрифіковані з кількістю місць до 500 включно; • з кількістю місць понад 500 до 1000 включно; • з кількістю місць понад 1000; • частково електрифіковані (з плитами на газоподібному паливі) з кількістю місць до 500 включно; • з кількістю місць понад 500 до 1000 включно; • з кількістю місць понад 1000. 	кВт на місце	1,03	0,98	0,20
		0,85	0,98	0,20
		0,75	0,98	0,20
		0,80	0,95	0,33
		0,75	0,95	0,33
		0,60	0,95	0,33
Підприємства роздрібної торгівлі: <ul style="list-style-type: none"> • продовольчі без кондиціонування повітря; • продовольчі з кондиціонуванням повітря • закриті багатоповерхові й підземні гаражі; • промтоварні з кондиціонуванням повітря; • універсами без кондиціонування повітря; • універсами з кондиціонуванням повітря; 	кВт на м ² тор. зали	0,23	0,85	0,62
		0,25	0,8	0,75
		0,14	0,85	0,62
		0,15	0,8	0,75
		0,15	0,87	0,57
		0,20	0,85	0,62
Загальноосвітні школи: <ul style="list-style-type: none"> • з електрифікованими їдальнями і спортзалами; • без електрифікованих їдалень, із спортзалами; • з буфетами, без спортзалів; • без буфетів і спортзалів. 	кВт на одного учня	0,25	0,95	0,33
		0,17	0,90	0,48
		0,17	0,90	0,48
		0,15	0,90	0,48
Професійно-технічні навчальні заклади з їдальнями.		0,45	0,80-0,92	0,75-0,48
Дитячі дошкільні установи:				
• з електрифікованими харчоблоками;		0,45	0,98	0,20
• з газовими плитами.		0,20		
Школи-інтернати.		1,10	0,95	0,33

Об'єкти масового будівництва	Од. виміру	Питоме наванта- ження	Розрахункові коефіцієнти	
			$\cos\varphi$	$\lg\varphi$
Установи охорони здоров'я і відпочинку:				
• лікарні хірургічного профілю з електрифікованими харчоблоками;	кВт на ліжко- місце	2,50	0,92	0,43
• хірургічні корпуси (без харчоблоків);		0,80	0,95	0,33
• лікарні багатoproфільні з електрифікованими харчоблоками;		2,20	0,93	0,40
• терапевтичні корпуси (без харчоблоків);		0,50	0,95	0,33
• радіологічні корпуси (без харчоблоків);		0,70	0,95	0,33
• лікарні дитячі з електрифікованими харчоблоками;		2,00	0,93	0,40
• терапевтичні корпуси дитячих лікарень (без харчоблоків).		0,40	0,95	0,33
Будинки відпочинку і пансіонати без кондиціонування повітря.	кВт на місце	0,40	0,92	0,43
Дитячі табори.	кВт на м ² жил. приміщ.	0,03	0,92	0,43
Поліклініки.	кВт на відв. за зміну	0,15	0,92	0,43
Аптеки:	кВт на м ²			
• без готування ліків;	тор.зали	0,12	0,93	0,40
• з готуванням ліків.		0,17	0,90	0,48
Кінотеатри і кіноконцертні зали:	кВт на місце			
• з кондиціонуванням повітря;	0,15	0,15	0,92	0,43
• без кондиціонування повітря.		0,12	0,95	0,33
Театри і цирку.	кВт на місце	0,35	0,90	0,48
Палаці культури, клуби.	кВт на місце	0,45	0,92	0,43
Готелі (без ресторанів):	кВт на місце			
• з кондиціонуванням повітря;	0,50	0,50	0,85	0,62
• без кондиціонування повітря.		0,35	0,85	0,62
Фабрики хімчистки і пральні самообслуговування	кВт/кг речей	0,08	0,75	0,88
Комбінати побутового обслуговування населення.	кВт на р/місце	0,60	0,85	0,62
Перукарні:	кВт на місце	1,45	0,97	0,25
Гуртожитки:	кВт на місце			
• з електроплитами на кухнях;	0,50	0,50	0,95	0,33
• без електроплит на кухнях.		0,20	0,93	0,40

Об'єкти масового будівництва	Од. виміру	Питоме наванта- ження	Розрахункові коефіцієнти	
			$\cos\varphi$	$\lg\varphi$
Споруди (приміщення) для науково-дослідних установ, проектних, управлінських, громадських організацій і культових установ, адміністративних будинків підприємств: <ul style="list-style-type: none"> з кондиціонуванням повітря; без кондиціонування повітря. 	кВт на м ² ко- рисної площі	0,055	0,85	0,62
		0,04	0,90	0,48
Навчальні корпуси вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень): <ul style="list-style-type: none"> з кондиціонуванням повітря; без кондиціонування повітря; 	кВт на м ² ко- рисної площі	0,05	0,90	0,48
		0,05 0,035	0,90 0,92	0,48 0,43
Лабораторні корпуси вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень): <ul style="list-style-type: none"> з кондиціонуванням повітря; без кондиціонування повітря. 	кВт на м ² ко- рисної площі	0,07	0,85	0,62
		0,05	0,87	0,57
Гаражі (стоянки) індивідуального автотранспорту: <ul style="list-style-type: none"> стаціонарні відкриті стоянки; закриті гаражі-бокси; закриті багатоповерхові й підземні гаражі. 	кВт/міс- це	0,05	0,90	0,48
		0,12	0,90	0,48
		0,22	0,87	0,87

Примітка 1. Приведені питомі електричні навантаження призначені для орієнтовного (попереднього) визначення розрахункового навантаження на ввіді до ординарних об'єктів (споруд, приміщень) і враховують усереднений комплекс установлюваних електроприймачів (включаючи комп'ютерну техніку).

Примітка 2. Для підприємств громадського живлення питоме навантаження не залежить від наявності кондиціонерів повітря.

Примітка 3. Для професійних навчальних закладів з їдальнями і дитячими дошкільними закладами навантаження басейнів і спортивних залів не враховані.

Примітка 4. Для будинків відпочинку і пансіонатів без кондиціонування повітря, дитячих таборів, готелів (без ресторанів), будинків (приміщень) для науково-дослідних закладів, проектних, управлінських, громадських організацій, культових споруд, адміністративних будинків підприємств навантаження їдалень закритого типу і ресторанів не враховане. При необхідності його слід визначати за питомими показниками підприємств суспільного живлення за заданою кількістю місць.

Примітка 5. Для побутових будинків підприємств використовують зафіксовані в таблиці показники відповідних за призначенням громадських будинків.

Таблиця Б.6 – Коефіцієнти участі в максимумі навантаження

Назва споруд (приміщення) найбільшого розрахункового навантаження	Житлові будинки з електроплитами	Житлові будинки з газовими плитами на твердому паливі	Установи суспільного харчування – їдальні	Установи суспільного харчування – ресторани, кафе	Середні навчальні заклади	Загальноосвітні школи, ПТУ	Установи адмін.-управлін., фінансові, проектно-конструктор.	Торгові підприємства одноступінні	Торгові підприємства півтора і двоступінні	Готелі	Перукарні	Дошкільні дитячі установи	Поліклініки	Комбінати побутового обслуговування, ательє	Підприємства комунального обслуговування	Культові, видовищні установи, кінотеатри
Житлові будинки з електроплитами	—	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0,7	0,6	0,7	0,9
Житлові будинки з газовими плитами чи на твердому паливі	0,9	—	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,9
Підприємства громадського харчування(їдальні, ресторани, кафе)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Школи, середні навчальні заклади, ПТУ, бібліотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Торгові підприємства одно-, півтора-, двоступінні	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Установи управління, фінансові, адміністративні будинки підприємств та проектно- конструкторські організації	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Готелі	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поліклініки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ательє і комбінати побутового обслуговування	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Культові, видовищні установи, кінотеатри	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	—

Примітка. Якщо від ТП живляться декілька споживачів з рівними чи близькими до рівних навантаженнями, розрахунок слід виконувати щодо того навантаження, при якому P_{max} виходить найбільшим

ДОДАТОК В Категорія за надійністю електропостачання електроспоживачів житлових і громадських будинків

Таблиця В.1 – Категорія за надійністю електропостачання

Назва споруди і електроприймачів	Категорія за надійністю електропостачання
Житлові будинки і гуртожитки висотою понад 16 поверхів:	
- електросприймачі протипожежних установок (пожежні насоси, системи підпору повітря, димовидалення, пожежної сигналізації, централізованої системи повідомлення про пожежу), сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення (освітлення безпеки й евакуаційне), вогні світлового огороження;	I
- комплект інших електроприймачів.	II
Житлові будинки висотою до 16 поверхів включно з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого водопостачання, за винятком одно- восьмиквартирних будинків.	II
Житлові одно- восьмиквартирні будинки, у тому числі з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого водопостачання.	III
Житлові будинки висотою понад 5 поверхів із плитами на природному, зрідженому газі чи твердому паливі.	II
Житлові будинки висотою до 5 поверхів включно з плитами на природному, зрідженому газі чи твердому паливі.	III
Житлові будинки на ділянках садівничих товариств.	III
Будинки гуртожитків висотою до 16 поверхів загальною місткістю:	
- понад 50 чоловік;	II
- до 50 чоловік включно.	III
Громадські будинки висотою понад 16 поверхів:	
- електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, вогні світлового огороження;	I
- комплекс інших електроприймачів.	II
Будинки установ, організацій, офісів при кількості працюючих понад 2000 чоловік незалежно від кількості поверхів:	
- електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне висвітлення, охоронна сигналізація;	I
- комплекс інших електроприймачів.	II
Будинки установ, організацій, офісів висотою до 16 поверхів включно з чисельністю працюючих від 50 до 2000 чоловік.	II
Будинки установ, організацій, офісів з чисельністю працюючих до 50 чоловік незалежно від кількості поверхів (крім будинків установ органів управління обласного, міського і районного значення, що відносяться до II категорії).	III

Назва споруди і електроприймачів	Категорія за надійністю електропостачання
Готелі (мотелі)*, будинки відпочинку, пансіонати і турбази з кількістю місць понад 1000 в будинках чи висотою понад 16 поверхів незалежно від кількості місць: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - комплекс інших електроприймачів. 	<p>I</p> <p>II</p>
Готелі (мотелі)*, будинки відпочинку, пансіонати й турбази з кількістю місць: <ul style="list-style-type: none"> - від 200 до 1000; - до 200 включно. 	<p>II</p> <p>III</p>
Лікувально-профілактичні й санаторні установи: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, лікарняні ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - електроприймачі операційних і пологових блоків, відділень анестезіології, реанімації та інтенсивної терапії, кабінетів лапароскопії, бронхоскопії й ангіографії та інших, від безперервної роботи яких безпосередньо залежить життя хворих; - комплекс інших електроприймачів. 	<p>I</p> <p>Незалежно від наявності взаємнорезервованих трансформаторів необхідно передбачати ДЕС, АБП чи акумуляторні батареї</p> <p>II</p>
Медичні установи, аптеки.	II
Будинки навчальних закладів з кількістю учнів понад 1000 чоловік: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - комплекс інших електроприймачів. 	<p>I</p> <p>II</p>
Будинки навчальних закладів з кількістю учнів: <ul style="list-style-type: none"> - від 200 до 1000 чоловік; - до 200 чоловік включно. 	<p>II</p> <p>III</p>
Дитячі дошкільні установи.	II
Будинки культурно-видовищних установ, установ дозвілля, культових установ, криті спортивні споруди: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - електроприймачі постановочного освітлення, механізмів сцени, технічних апаратних і систем озвучування при сумарній кількості місць у залах понад 800; - електроприймачі постановочного освітлення, механізмів сцени, технічних апаратних і систем озвучування при сумарній кількості місць у залах до 800; - інші електроприймачі при сумарній кількості місць у залах понад 800 і дитячих видовищних установах незалежно від кількості місць; - інші електроприймачі при сумарній кількості місць у залах від 300 до 800; - комплекс електроприймачів при сумарній кількості місць до 300. 	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>I</p> <p>II</p> <p>III</p>

Назва споруди і електроприймачів	Категорія за надійністю електропостачання
Будинки установ кредитування, страхування і комерційного призначення. Банки й банківські сховища: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, ліфти, аварійне освітлення; - особлива пожежна й охоронна сигналізація, сигналізація загазованості; - технічні засоби автоматизованої системи керування банківського виробництва; 	I Особлива група I
<ul style="list-style-type: none"> - серверна і приміщення міжбанківських електронних розрахунків, електронної пошти; - комплекс інших електроприймачів. 	див. 2.5 [3] II
Бібліотеки й архіви з фондом, що перевищує 1 млн. одиниць збереження: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - комплекс інших електроприймачів. 	I II
Бібліотеки й архіви: <ul style="list-style-type: none"> - с фондом від 100 тисяч до 1 млн. одиниць збереження включно; - с фондом до 100 тисяч одиниць збереження включно. 	I II
Музеї і виставки загальнонаціонального значення.	I
Музеї і виставки обласного значення: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення й охоронна сигналізація; - комплекс інших електроприймачів. 	I II
Музеї і виставки місцевого значення.	II
Універсами, торгові центри і магазини з торговими залами загальною площею понад 2000 м²: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - комплекс інших електроприймачів. 	I II
Торгові установи з торгівельною площею: <ul style="list-style-type: none"> - від 250 до 2000 м² включно; - до 250 м² включно. 	II III
Установи громадського харчування з кількістю посадкових місць понад 500: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - комплекс інших електроприймачів. 	I II
Установи громадського харчування з кількістю посадкових місць: <ul style="list-style-type: none"> - від 100 до 500 включно; - до 100 включно. 	II III

Назва споруди і електроприймачів	Категорія за надійністю електропостачання
Підприємства побутового обслуговування: <ul style="list-style-type: none"> - ательє з кількістю робочих місць понад 50, салони-перукарні з кількістю робочих місць понад 15, хімчистки і пральні потужністю понад 500 кг білизни за зміну, лазні з кількістю місць понад 100; - ательє з кількістю робочих місць до 50, салони-перукарні з кількістю робочих місць до 15, хімчистки і пральні потужністю до 500 кг білизни за зміну, лазні з кількістю місць до 100, ремонтні майстерні. 	<p>II</p> <p>III</p>
Багатофункціональні будинки і комплекси, що включають приміщення різного призначення: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація, вогні світлового огороження; - комплекс інших електроприймачів. 	Відповідно до найбільш високої категорії електроприймачів вказаного призначення з урахуванням кількості поверхів. Відповідно до категорії, що відповідає конкретному призначенню.
Громадські будинки і споруди, а також адміністративні будинки підприємств, обладнані інформаційними системами, незалежно від їхнього призначення: <ul style="list-style-type: none"> - локальні обчислювальні системи, системи передачі інформації, електронна пошта. 	див. 2.5 [3]
Поверхові котельні, котельні, прибудовані до житлових будинків, і котельні вбудовані в громадські будинки і споруди, (відповідно до Зміни № 1 Сніп II-35) : <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація; - інші електроприймачі: - у котельнях I категорії надійності відпустку тепла споживачам; - у котельнях II категорії надійності відпустку тепла споживачам. 	<p>I</p> <p>I</p> <p>II</p> <p>II</p>
Вбудовані сховища цивільної оборони: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення; - комплекс інших електроприймачів. 	<p>I</p> <p>II (2.2.5 [3])</p>
Вбудовані приміщення для стоянки автомобілів: <ul style="list-style-type: none"> - електроприймачі протипожежних установок, контролю повітряного середовища, аварійного освітлення, охоронної сигналізація; - електроприводи механізмів відкривання воріт без ручного приводу; - інші електроприводи. 	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p>
Теплові пункти (бойлерні): <ul style="list-style-type: none"> - що обслуговують житлові будинки висотою понад 16 поверхів; - що обслуговують житлові будинки висотою до 16 поверхів. 	<p>I</p> <p>II</p>

*) Відповідно до ДСТ 28681.4 в одно- і двозіркових готелях (мотелях) необхідно передбачати акумуляторні батареї для аварійного освітлення; у тризіркових при відсутності другого незалежного джерела живлення - ДЕС, потужність якої забезпечує робоче освітлення і роботу основного устаткування (у тому числі ліфтів); чотирьох - і п'ятизіркових незалежно від наявності двох взаєморезервованих трансформаторів - ДЕС, потужність якої достатня для забезпечення роботи всіх електроприймачів не менше ніж 24 години.

Примітка 1. Електроприймачі протипожежних установок, охоронної сигналізація і сигналізації загазованості, ліфти для транспортування пожежних підрозділів незалежно від категорії електропостачання будинку повинні житися згідно з 5.15, 5.16, 5.17 [3].

Примітка 2. Вимоги до надійності електропостачання будинків і споруджень загальнонаціональних установ, посольств, представництв міжнародних та іноземних організацій, вокзалів додатково регламентуються відповідними відомчими нормативами.

Примітка 3. У поняття «комплекс інших електроприймачів» житлових будинків входять електроприймачі квартир, освітлення загальнобудинкових приміщень, господарські насоси і т.п. У «комплекс інших електроприймачів» громадських будинків і споруд входить все електрообладнання будинку чи споруди.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Электроснабжение цеха промышленного предприятия / [Под общ. ред. А.П. Титова]. – М: Изд-во МЭИ, 1990 – 257 с.
2. Инструкция по проектированию городских и поселковых электрических сетей ВСН 97-83. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2864/index.php
3. ДБН В.2.5-23-2010 Проектирование электрооборудования жилых и общественных зданий и сооружений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.minregion.gov.ua/attachments/files/bydivnitstvo/tehnichne-regulyuvannya/normuvannya/25_23_2010_UKR.pdf
4. Козлов В. А. Электроснабжение городов: навч. посіб. / В. А. Козлов. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 275 с.
5. Правила користування електричною енергією [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ukrelektrik.com/load/pravila_koristuvannya_elektrichnoju_energieju_2010_pra_vila_polzovaniya_ehlektricheskoy_ehnergiej_2010/1-1-0-16

Навчальне видання

Методичні вказівки та завдання
до практичних занять з курсу

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ

*(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом
6.050701 – Електротехніка та електротехнології
та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю
7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання)*

Укладачі: **КАЛЮЖНИЙ** Дмитро Миколайович,
КАРЮК Андрій Олександрович,
СИДОРОВ Валентин Владиславович.

Відповідальний за випуск: *В. А. Маляренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання: *А. О. Карюк*

План 2014, поз. 200М

Підп. до друку 02.02.2015
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 2,2
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК 4705 від 28.03.2014 р.